

**Determining ignition time point of internal combustion engine involves determining ignition time point from characteristic field using future load signal predicted from detected load signal**

**Patent number:** DE19902203  
**Publication date:** 2000-07-27  
**Inventor:** FRANKE STEFFEN (GB); BAEUERLE MICHAEL (DE)  
**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
**Classification:**  
- international: **F02P5/15; F02P5/15; (IPC1-7): F02P5/15**  
- european: F02P5/15B2  
**Application number:** DE19991002203 19990121  
**Priority number(s):** DE19991002203 19990121

**Also published as:**



WO0043669 (A1)

**Report a data error here**

**Abstract of DE19902203**

The method involves generating a characteristic field for the ignition time point depending at least on a load signal indicating the relative air filling of a cylinder of the engine, detecting the load signal at a time before the determined time point, predicting a future load signal at a later time before the determined time point; and determining the ignition time point from the characteristic field using the predicted future load signal. An Independent claim is also included for an arrangement for determining the ignition time point of an internal combustion engine.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 02 203 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 02 P 5/15**

②① Aktenzeichen: 199 02 203.8  
②② Anmeldetag: 21. 1. 1999  
④③ Offenlegungstag: 27. 7. 2000

**DE 199 02 203 A 1**

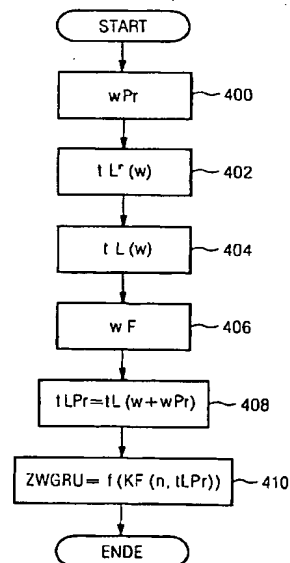
⑦① Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦② Erfinder:  
Franke, Steffen, Denham Uxbridge, Middlesex, GB;  
Baeuerle, Michael, 71706 Markgröningen, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Verfahren und Vorrichtung zum Festlegen des Zündzeitpunktes einer Brennkraftmaschine

⑤⑦ Die vorliegende Erfindung schafft ein Verfahren zum Festlegen des Zündzeitpunktes einer Brennkraftmaschine mit folgenden Schritten: Bereitstellen eines Kennlinienfeldes (KF) für den Zündzeitpunkt ( $t_z$ ) in Abhängigkeit von mindestens einem die relative Luftfüllung eines Zylinders der Brennkraftmaschine anzeigenden Lastsignal ( $t_L$ ); Erfassen des Lastsignals ( $t_L$ ) zu einem vor dem festzulegenden Zündzeitpunkt ( $t_z$ ) liegenden Zeitpunkt ( $t_0$ ); Vorhersagen eines zukünftigen Lastsignals ( $t_{LPr}$ ) zu einem späteren, vor dem festzulegenden Zündzeitpunkt ( $t_z$ ) liegenden Zeitpunkt ( $t_0 + \Delta$ ) und Festlegen des Zündzeitpunktes ( $t_z$ ) aus dem Kennlinienfeld (KF) unter Zugrundelegung des vorhergesagten zukünftigen Lastsignals ( $t_{LPr}$ ).



**DE 199 02 203 A 1**

## STAND DER TECHNIK

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Festlegen des Zündzeitpunktes einer Brennkraftmaschine.

Obwohl auf beliebige Brennkraftmaschinen anwendbar, werden die vorliegende Erfindung sowie die ihr zugrundeliegende Problematik in bezug auf eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeuges erläutert.

Im Sinne einer möglichst optimalen Steuerung einer Brennkraftmaschine sollte die relative Luftfüllung der Zylinder einer Brennkraftmaschine möglichst genau bekannt sein, damit eine auf diese Luftfüllung genau abgestimmte Kraftstoffmenge zugemessen werden kann und somit das gewünschte Drehmoment bei niedriger Schadstoffemission und niedrigem Kraftstoffverbrauch erreicht werden kann. Eine optimale Kraftstoffzumessung wird dadurch erschwert, daß zu dem Zeitpunkt, ab dem die tatsächliche Luftfüllung eines Zylinders der Brennkraftmaschine bekannt ist, die Kraftstoffzumessung für diesen Zylinder bereits abgeschlossen ist.

Mit anderen Worten werden für die Kraftstoffzumessung in der Regel veraltete Werte der Luftfüllung verwendet. Falls sich die Luftfüllung von Ansaugtakt zu Ansaugtakt nicht oder nur geringfügig ändert, kann auch mit solchen veralteten Werten für die Luftfüllung eine optimale oder nahezu optimale Kraftstoffzumessung erzielt werden. In Betriebszuständen, in denen sich die Luftfüllung sehr stark ändert, ist es jedoch günstiger, die Kraftstoffzumessung auf die jeweils zu erwartende Luftfüllung abzustimmen.

Dazu ist in der DE 44 01 828 A1 ein Verfahren angegeben worden, daß zur Zeit der Berechnung der zuzumessenden Kraftstoffmenge eine möglichst genaue Vorhersage der Luftfüllung des Zylinders ermöglicht, in den die Kraftstoffmenge eingespritzt wird.

Gemäß der Lehre der DE 44 01 828 A1 wird ein zukünftiges Lastsignal ermittelt, das die zu erwartende relative Luftfüllung repräsentiert. Das zukünftige Lastsignal wird aus einem aktuellen Hauptlastsignal, einem aktuellen Hilfslastsignal, das dem aktuellen Hauptlastsignal vorausliegt, und einem Kurbelwinkelintervall ermittelt. Das Kurbelwinkelintervall ist abhängig von der in Zeiteinheiten oder Kurbelwinkeleinheiten ausgedrückten Kraftstoff-Vorlagerung, der Dauer der Kraftstoff-Einspritzung und der Berechnungszeit vorgebbar. Die Einbeziehung des Kurbelwinkelintervalls hat den Vorteil, daß die Ermittlung des zukünftigen Lastsignals zum spätest möglichen Zeitpunkt durchgeführt werden kann und dadurch eine hohe Genauigkeit erreicht wird.

Zweckmäßig ist es, daß das zukünftige Lastsignal mit einem Tiefpaßfilter ermittelt wird, dessen Filterkonstante lastabhängig vorgebbar ist. Die Filterkonstante wird bei steigender Last aus einer ersten Kennlinie ausgelesen und bei fallender Last aus einer zweiten Kennlinie. Dadurch wird eine besonders rechenzeitsparende Vorausbestimmung der Luftfüllung möglich.

Das Hilfslastsignal wird aus dem Öffnungswinkel der Drosselklappe, der Drehzahl der Brennkraftmaschine und einer gegebenenfalls durch einen Bypass-Kanal zur Drosselklappe strömenden Luftmenge ermittelt und abhängig von der Temperatur der angesaugten Luft und der barometrischen Höhe korrigiert.

Bei kleinen Öffnungswinkeln der Drosselklappe kann das Hilfslastsignal auch aus der mit einem Luftmassenmesser erfaßten Luftmasse ermittelt werden, was in der Regel zu einer höheren Genauigkeit in diesem Betriebsbereich führt.

Das Hauptlastsignal kann z. B. aus dem gemessenen

Saugrohrdruck und der Drehzahl, aus der mit einem Luftmassenmesser erfaßten Luftmasse oder durch Filterung des Hilfslastsignals ermittelt werden.

Das Verfahren kann sowohl im nichtstationären Betrieb als auch im stationären Betrieb eingesetzt werden, da bei der Ermittlung des zukünftigen Lastsignals ein auf das Hauptlastsignal angeglichenes Hilfslastsignal verwendet wird. Der für den Abgleich des Hilfslastsignals benötigte Abgleichwert wird durch Integration der Abweichung zwischen dem Hauptlastsignal und dem mit dem Abgleichwert versehenen gefilterten Hilfslastsignal ermittelt. Das gefilterte Hilfslastsignal wird dabei durch Filterung des korrigierten Hilfslastsignals erzeugt.

Bei diesem bekannten Verfahren wird das zukünftige Lastsignal lediglich für die Ermittlung der hinzuspritzenden Kraftstoffmenge verwendet.

Die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Problematik besteht darin, daß bei dynamischen Vorgängen in Form von Laständerungen die zum Berechnungszeitpunkt  $t_0$  des Grundzündwinkels ZWGRU z. B. aus dem Lastsignal  $t_L$  ermittelbare Luftfüllung zeitweise um bis zu 50% vom tatsächlich zum Zündzeitpunkt  $t_z$  tatsächlich vorliegenden Wert abweicht.

Diese Abweichung wird u. a. bedingt durch die Totzeit von ca. 50 ms zwischen dem Zeitpunkt  $t_0$  der Berechnung der Luftfüllung und dem tatsächlichen Füllungsverlauf, wie in Fig. 3 (obere Kurve) durch die Lastsignal( $t_L$ )-Kurve veranschaulicht. Aufgrund dieser als Aktualisierungsfehler bezeichneten Abweichung werden entsprechende dynamische Korrekturen füllungsabhängiger Größen nicht nur auf Einspritzebene, sondern auch auf Zündungsebene notwendig. Auch eine Mittelung über das Zeitintervall  $[t_L, t_0]$ , welche in einem gemittelten Lastsignal  $t_{LM}$  resultieren würde, brächte hier keine Verbesserung.

Die Korrekturen der Zündungsparameter (Zündwinkel, Schließwinkel) erfolgen dagegen derzeit üblicherweise ausschließlich mit empirischen teils adaptiven und aufwendigen Dynamikkorrekturen auf Stellgrößenebene.

In Fig. 5 zeigt die Kurve mit den offenen Quadraten die Klopfgrenze des Zündwinkels  $w_z$  als Funktion des Lastsignals  $t_L$  bei konstanter Drehzahl  $n$ . Die Klopfgrenze kann sich je nach weiteren Parametern, wie z. B. Ansauglufttemperatur, Kraftstoff/Luft-Verhältnis nach spät bzw. früh verschieben, wobei die prinzipielle Lage zum optimalen Zündwinkel, der in der Kurve mit den geschlossenen Quadraten in Fig. 5 dargestellt ist, erhalten bleibt. Optimal heißt dabei eine Abstimmung auf Drehmoment, Verbrauch, etc.

Mit zunehmender Last verschiebt sich die Klopfgrenze bei konstanter Drehzahl  $n$  zu späteren (kleineren) Zündwinkeln, wie in Fig. 5 illustriert. Diese Tendenz spiegelt sich auch im Grundzündwinkel ZWGRU wieder, der beispielsweise abhängig von dem Lastsignal  $t_L$  und der Drehzahl  $n$  in einem Kennfeld KF abgelegt ist, wie in Fig. 6 illustriert.

Wird also bei Lastdynamik ein zu kleines Lastsignal benutzt, um das Kennfeld KF auszulesen, so wird im Ergebnis ein zu früher Grundzündwinkel ZWGRU ausgegeben. In der Folge würde es bei Dynamik zu einer unerwünschten erhöhten Klopfhäufigkeit kommen.

Also wird bei der üblichen Lösung in der Klopfregeldynamik versucht, durch Ausgabe eines adaptierten Dynamikvorhalts (= Zündwinkelspätverstellung für die Zeitdauer der Dynamik) diese Differenz zwischen diesem zu frühen ZWGRU und dem eigentlich notwendigen, dem tatsächlichen Lastsignal entsprechenden Grundzündwinkel ZWGRU auszugleichen.

Als nachteilhaft bei dem obigen bekannten Ansatz hat sich die Tatsache herausgestellt, das die Adaption dieses Dynamikvorhalts aufwendig ist und zusätzlich zum

ZWGRU-Aktualisierungsfehler weitere Effekte erfaßt, die zu einer dynamisch erhöhten Klopfneigung führen. Eine saubere, physikalisch basierte und damit reproduzierbare Trennung dieser Dynamikeffekte ist damit nicht möglich.

#### VORTEILE DER ERFINDUNG

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und die entsprechende Vorrichtung gemäß Anspruch 8 weisen gegenüber den bekannten Lösungsansätzen den Vorteil auf, daß sie eine physikalisch basierte, dynamisch präzise Nachführung der Zündparameter (Zündwinkel, Schließwinkel) ermöglichen.

In Verbesserung zum Stand der Technik wird vorgeschlagen, eine dynamische Korrektur der Zündungsparameter auf der Ebene des Lastsignals bzw. Füllungssignals in Form einer Vorhersageberechnung vorzunehmen. Das bedeutet, daß im Dynamikfall anstelle von einem die augenblickliche Füllung anzeigenden Signal ein prädiiziertes Signal als Einganggröße für das oder die lastabhängigen Kennfelder der Zündungsparameter verwendet wird.

Insbesondere wird vorgeschlagen, daß mindestens das feste Zündwinkelkennfeld, welches den Vorsteuerzündwinkel unter optimalen Bedingungen beinhaltet, und darüberhinaus optional auch weitere Kennfelder, wie z. B. das Stationäradaptionskennfeld der Klopfregelung, die lastabhängigen Kennfelder der Schließwinkelberechnung usw. auf das prädiizierte Signal umgestellt werden.

Es wird somit ein dynamisch präziseres, bereits vorhandenes Füllungssignal verwendet, so daß die bislang erforderlichen Korrekturen auf Zündwinkelebene (z. B. Adaption eines Zündwinkel-Dynamikvorhalts in der Klopfregelung) nur noch in geringerem Maße (und damit mit verringertem Funktions- und Rechenzeitaufwand) notwendig werden.

Damit wird eine wesentliche Ursache für Dynamikklopfen, die durch die heute verwendete Dynamikadaption der Klopfregelung nicht optimal berücksichtigt werden kann, beseitigt.

In den Unteransprüchen finden sich vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen.

Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung wird das zukünftige Lastsignal vorhergesagt aus einem aktuellen Hauptlastsignal, einem aktuellen Hilfslastsignal, das dem aktuellen Hauptlastsignal vorausleitet, und einem Kurbelwinkelintervall, das abhängig von der in Zeiteinheiten oder Kurbelwinkeleinheiten ausgedrückten Berechnungszeit vorgebar ist.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird das aktuelle Hilfslastsignal aus dem Öffnungswinkel der Drosselklappe bzw. dem Winkel des Gaspedals, der Drehzahl der Brennkraftmaschine und einer gegebenenfalls durch einen Bypass-Kanal zur Drosselklappe und/oder durch zusätzliche Bypass-Ventile strömenden Luftmenge ermittelt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung wird das aktuelle Hauptlastsignal aus dem gemessenen Saugrohrdruck und der Drehzahl, aus der mit einem Luftmassenmesser erfaßten Luftmasse oder durch Filterung des aktuellen Hilfslastsignals ermittelt.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung erfolgt ein Bereitstellen eines Kennlinienfeldes für den Zündzeitpunkt in Abhängigkeit von dem Lastsignal und der Drehzahl.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung erfolgt das Vorhersagen des zukünftigen Lastsignals unter Berücksichtigung der Nockenwellenverstellung und/oder der Abgasrückführung.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Weiterbildung werden weitere Kennfelder, wie insbesondere das Stationäradaptionskennfeld der Klopfregelung oder ein oder mehrere lastabhängigen Kennfelder der Schließwinkelberechnung, bereitgestellt und erfolgt ein Festlegen des jeweiligen Zündzeitpunktes aus dem betreffenden Kennlinienfeld unter Zuhilfenahme des vorhergesagten zukünftigen Lastsignals.

#### ZEICHNUNGEN

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Flußdiagramm für den prinzipiellen Ablauf einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens;

Fig. 2 das technische Umfeld einer Brennkraftmaschine, in der die vorliegende Erfindung einsetzbar ist;

Fig. 3 den zeitlichen Zusammenhang zwischen der Last, der Zündzeitpunktberechnung und Zündung sowie dem Öffnungsgrad des Einlaßventils eines Zylinders in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel;

Fig. 4 den Verlauf des Hauptlastsignals und des Hilfslastsignals in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel;

Fig. 5 den prinzipiellen Zusammenhang zwischen Klopfgrenze und optimaler Zündung und

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Kennlinienfeldes (KF) für den Zündzeitpunkt bzw. Zündwinkel.

#### BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSBEISPIELE

In den Figuren bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder funktionsgleiche Komponenten.

Fig. 3 zeigt das technische Umfeld einer Brennkraftmaschine 100, in der die vorliegende Erfindung einsetzbar ist. Zunächst werden die illustrierten Komponenten zur Steuerung der Brennkraftmaschine 100 näher erläutert. Über einen Ansaugtrakt 102 wird der Brennkraftmaschine 100 ein Luft/Kraftstoff-Gemisch zugeführt, und die Abgase werden in einen Abgaskanal 104 abgegeben. Im Ansaugtrakt 102 sind in Stromrichtung der angesaugten Luft gesehen ein Luftmengenmesser oder Luftmassenmesser 106, beispielsweise ein Hitzdraht-Luftmassenmesser, ein Temperaturfühler 108 zur Erfassung der Ansauglufttemperatur, eine Drosselklappe 110 mit einem Sensor 111 zur Erfassung des Öffnungswinkels der Drosselklappe 110, ein Drucksensor 112 und eine oder mehrere Einspritzdüsen 113 angebracht. In der Regel sind der Luftmengenmesser oder Luftmassenmesser 106 und der Drucksensor 112 alternativ vorhanden.

Um die Drosselklappe 110 herum führt ein Bypass-Kanal 114, in dem ein Leerlaufsteller 115 angeordnet ist. Der Bypass-Kanal 114 und der Leerlaufsteller 115 können entfallen, wenn die Regelung der Leerlaufdrehzahl mit Hilfe der Drosselklappe 110 erfolgt. Gegebenenfalls können zusätzlich Bypass-Ventile vorhanden sein, die beispielsweise beim Zuschalten einer Klimaanlage eine ausreichende Leerlaufdrehzahl sicherstellen. Im Abgaskanal 104 ist ein Sauerstoffsensor 116 angebracht. An der Brennkraftmaschine 100 sind ein Kurbelwinkelsensor 118 und ein Sensor 119 zur Erfassung der Temperatur der Brennkraftmaschine 100 angebracht. Weiterhin besitzt die Brennkraftmaschine 100 zur Zündung des Luft/Kraftstoff-Gemisches in den Zylindern beispielsweise vier Zündkerzen 120.

Die Ausgangssignale der beschriebenen Sensoren werden einem zentralen Steuergerät 122 übermittelt. Im einzelnen handelt es sich dabei um folgende Signale: Ein Signal m des Luftmengenmessers oder Luftmassenmessers 106, ein Si-

gnal T des Temperatursensors 108 zur Erfassung der Ansauglufttemperatur, ein Signal  $\alpha$  des Sensors 111 zur Erfassung des Öffnungswinkels der Drosselklappe 110, ein Signal p des Drucksensors 112, ein Signal  $\lambda$  des Sauerstoffsensors 116, ein Signal w des Kurbelwinkelsensors 118 und ein Signal TBKM des Sensors 119 zur Erfassung der Temperatur der Brennkraftmaschine 100. Das Steuergerät 122 wertet die Sensorsignale aus und steuert die Einspritzdüse bzw. Einspritzdüsen 113, den Leerlaufsteller 115 und die Zündkerzen 120 an.

Fig. 3 zeigt den Zusammenhang zwischen dem Lastsignal tL, der Zündwinkelberechnung und Zündung sowie dem Öffnungsgrad des Einlaßventils eines Zylinders in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel w bzw. Zeit t für eine Brennkraftmaschine mit vier Zylindern.

Die untere durchgezogene Linie gibt den Öffnungsgrad des Einlaßventils für den Zylinder Nr. 4 an, die untere gestrichelte Linie den Öffnungsgrad der Einlaßventile der übrigen Zylinder. Bei einem Kurbelwinkel w von 0° beginnt sich das Einlaßventil des Zylinders Nr. 4 zu öffnen. Bei w = 90° ist das Einlaßventil des Zylinders Nr. 4 maximal geöffnet, und bei w = 180° ist das Einlaßventil wieder geschlossen. Danach durchlaufen die Einlaßventile der Zylinder Nr. 2, Nr. 1 und Nr. 3 in dieser Reihenfolge den gleichen Öffnungs- und Schließzyklus und bei einem Kurbelwinkel w von 720° beginnt sich das Einlaßventil des Zylinders Nr. 4 wieder zu öffnen.

Die obere Kurve der Fig. 3 zeigt den Verlauf des Hauptlastsignals tL. Das Hauptlastsignal tL kann beispielsweise aus dem vom Drucksensor 112 erzeugten Signal p und der Drehzahl n ermittelt werden oder aus dem gemittelten und gefilterten Signal m des Luftmassenmessers 106.

Für die Berechnung des Zündzeitpunktes wird die Luftfüllung und damit das Lastsignal tL des entsprechenden Zylinders (in Fig. 4 Zylinder Nr. 4) benötigt. Das Hauptlastsignal tL bei einem bestimmten Kurbelwinkel in der Nähe des Kurbelwinkels, bei dem das Einlaßventil des Zylinders schließt (in Fig. 4 Zylinder Nr. 4, ca. 20° vor dem Schließen des Einlaßventils bei 900°), ist repräsentativ für die Luftfüllung. Dieser bestimmte Kurbelwinkel wird im folgenden als Füllungswinkel bezeichnet. Der genaue Wert des Füllungswinkels hängt vom Typ der Brennkraftmaschine 100 ab und kann beispielsweise empirisch ermittelt werden.

Auf der Zeitachse weiterhin bezeichnet sind der Zündzeitpunkt  $t_z$  (Kurbelwinkel  $w_z$ ), Schließzeitpunkt ( $t_s$ ) und ein Berechnungszeitintervall  $t_R$  zur Berechnung des Zündzeitpunktes.

Wie oben beschrieben und in Fig. 3 dargestellt, muß die Berechnung der des Zündzeitpunktes zur Schließzeit  $t_s$  abgeschlossen sein, also lange vor dem Füllungswinkel, der zur Zeit  $t_0 + \Delta t$  erreicht wird, durchgeführt werden.

Für die Berechnung des Zündzeitpunktes wird allerdings die Luftfüllung verwendet, die durch das beim Füllungswinkel vorliegende Hauptlastsignal tL repräsentiert wird. Der zukünftige Verlauf des Hauptlastsignals tL ist aber in der Regel nicht bekannt, da er beispielsweise vom Fahrerwunsch abhängt. Verwendet man bei der Berechnung das zum Zeitpunkt der Berechnung aktuelle Hauptlastsignal tL oder das gemittelte Hauptlastsignal tLM, so führt dies zu einer nicht optimalen Zündzeitpunkteinstellung, wenn sich das Hauptlastsignal tL bis zum Erreichen des Füllungswinkels ändert (siehe obere Kurve in Fig. 3), d. h. im nichtstationären Betrieb.

Das aus der DE 44 01 828 A1 bekannte Verfahren ermöglicht eine näherungsweise Vorhersage des beim Füllungswinkel vorliegenden Lastsignals tL, das im folgenden als zukünftiges Lastsignal tLPr bezeichnet wird. Dabei wird insbesondere ausgenutzt, daß der Haupteinflußfaktor auf

den Verlauf des zukünftigen Lastsignals tLPr, der Öffnungswinkel  $\alpha$  der Drosselklappe 111, bekannt ist und daß das Signal  $\alpha$  dem Signal tL um einiges vorausliegt. Näheres hierzu ist in Fig. 4 dargestellt.

Fig. 4 zeigt ein Diagramm, in dem das Hauptlastsignal tL (gestrichelte Linie) und das Hilfslastsignal tL' (durchgezogene Linie) über dem Kurbelwinkel w aufgetragen sind. Im stationären Betrieb fallen die Kurven für tL und tL' zusammen (links bzw. ganz rechts). Beim Übergang von niedriger zu hoher Last steigt die Kurve für tL' wesentlich schneller an als die Kurve für tL, so daß aus aktuellen Werten für tL' und tL zukünftige Werte für tL vorhergesagt werden können, d. h. aus dem aktuellen Hilfslastsignal tL' und dem aktuellen Hauptlastsignal tL kann das zukünftige Lastsignal tLPr ermittelt werden.

Für die Ermittlung des zukünftigen Lastsignals tLPr kann ein einfaches Saugrohrmodell zugrundegelegt werden, das durch einen Tiefpaß erster Ordnung mit einer lastabhängigen Filterkonstanten beschrieben wird. Beim aktuellen Kurbelwinkel w wird das beim zukünftigen Kurbelwinkel w + wPr vorliegende zukünftige Lastsignal tLPr gemäß folgender Gleichung vorhergesagt:

$$tLPr = tL(w + wPr) = tL(w) + (tL'(w) - tL(w)) \cdot (1 - \exp(-wPr/wF))$$

Dabei ist wPr der Vorhersagewinkel, das heißt die Differenz aus dem zukünftigen Kurbelwinkel, für den das zukünftige Lastsignal tLPr vorhergesagt wird – in der Regel ist dies der Füllungswinkel – und dem augenblicklichen Kurbelwinkel w.

Fig. 1 zeigt ein Flußdiagramm für den prinzipiellen Ablauf einer Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

In einem ersten Schritt 400 wird der Vorhersagewinkel wPr ermittelt. An Schritt 400 schließt sich ein Schritt 402 an, in dem das Hilfslastsignal tL' ermittelt wird. Das Hilfslastsignal tL' wird in Abhängigkeit vom Drosselklappenwinkel  $\alpha$ , der Drehzahl n und ggf. der durch einen Bypass-Kanal 114 und/oder zusätzliche Bypass-Ventile fließenden Luftmenge qLL aus einem Kennfeld ermittelt. An den Schritt 402 schließt sich ein Schritt 404 an. Im Schritt 404 wird das augenblickliche Hauptlastsignal tL ermittelt. Das augenblickliche Hauptlastsignal tL kann beispielsweise durch Filtern der gemessenen und über ein Kurbelwinkel-Segment gemittelten Luftmasse m mit einem Tiefpaßfilter erster Ordnung ermittelt werden. Alternativ dazu kann das augenblickliche Hauptlastsignal tL auch aus dem Saugrohrdruck p und der Drehzahl n oder durch Filterung des Hilfslastsignals tL' ermittelt werden. Auf den Schritt 404 folgt ein Schritt 406, in dem die lastabhängige Filterkonstante wF ermittelt wird. Danach folgt ein Schritt 408. In dem Schritt 408 wird aus den in den Schritten 400 bis 406 ermittelten Größen gemäß der weiter oben genannten Gleichung das zukünftige Lastsignal tLPr = tL(w + wPr) für den Kurbelwinkel w + wPr, also hier den Füllungswinkel, ermittelt.

Letztlich erfolgt im Schritt 410 das Festlegen des Zündzeitpunktes ZWGRU aus dem Kennlinienfeld KF unter Zugrundelegung des vorhergesagten zukünftigen Lastsignals tLPr und der Motordrehzahl n. Dann ist der Durchlauf des Flußdiagramms beendet.

Obwohl die vorliegende Erfindung vorstehend anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels beschrieben wurde, ist sie darauf nicht beschränkt, sondern auf vielfältige Weise modifizierbar.

Insbesondere kann das Kennlinienfeld für den Zündzeitpunkt auch in Abhängigkeit vom Füllungsgrad bereitgestellt bzw. gespeichert werden. In diesem Falle wäre ein Zwi-

schenschritt zum Umrechnen des erfaßten Lastsignals in den Füllungsgrad notwendig.

Auch ist die Erfindung nicht auf die obige beispielhafte Vorhersageprozedur beschränkt. Beispielsweise kann der Aktualisierungsfehler der Zündwinkelberechnung durch die Verwendung von einem prädierten Signal unter zusätzlicher Berücksichtigung von Nockenwellenverstellung und Abgasrückführung kompensiert werden.

#### BEZUGSZEICHENLISTE

wPr Vorhersagewinkel	
tL Hauptlastsignal	
tL' Hilfslastsignal	
w Kurbelwinkel	15
t Zeit	
wF Filterkonstante	
tLPr vorhergesagtes zukünftiges Lastsignal	
ZWGRU Grundzündwinkel	
KF Kennfeld	20
n Drehzahl	
100 Brennkraftmaschine	
102 Ansaugtrakt	
104 Abgaskanal	
106 Luftmassenmesser	25
108 Temperaturfühler	
110 Drosselklappe	
111 Sensor zur Erfassung des Öffnungswinkels der Drosselklappe 110	
112 Drucksensor	30
113 Einspritzdüsen	
114 Bypass-Kanal	
115 Leerlaufsteller	
116 Sauerstoffsensor	
118 Kurbelwinkelsensor	35
119 Temperatursensor	
120 Zündkerzen	
t <sub>s</sub> Schließzeitpunkt	
t <sub>z</sub> Zündzeitpunkt	
tLM mittleres Lastsignal	40
[t <sub>-1</sub> , t <sub>0</sub> ] Zeitintervall für Mittelung	
t <sub>R</sub> Berechnungsintervall	
w <sub>z</sub> Zündwinkel	

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Festlegen des Zündzeitpunktes einer Brennkraftmaschine mit folgenden Schritten:  
Bereitstellen eines Kennlinienfeldes (KF) für den Zündzeitpunkt (t<sub>z</sub>) in Abhängigkeit von mindestens einem die relative Luftfüllung eines Zylinders der Brennkraftmaschine anzeigenden Lastsignal (tL);  
Erfassen des Lastsignals (tL) zu einem vor dem festzulegenden Zündzeitpunkt (t<sub>z</sub>) liegenden Zeitpunkt (t<sub>0</sub>);  
Vorhersagen eines zukünftigen Lastsignals (tLPr) zu einem späteren, vor dem festzulegenden Zündzeitpunkt (t<sub>z</sub>) liegenden Zeitpunkt (t<sub>0</sub> + Δ); und  
Festlegen des Zündzeitpunktes (t<sub>z</sub>) aus dem Kennlinienfeld (KF) unter Zugrundelegung des vorhergesagten zukünftigen Lastsignals (tLPr). 50
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das zukünftige Lastsignal (tLPr) vorhergesagt wird aus einem aktuellen Hauptlastsignal (tL), einem aktuellen Hilfslastsignal (tL'), das dem aktuellen Hauptlastsignal vorausleitet, und einem Kurbelwinkelintervall (wPr), das abhängig von der in Zeiteinheiten oder Kurbelwinkel-einheiten ausgedrückten Berechnungszeit (wB) vorgebar ist. 60

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das aktuelle Hilfslastsignal (tL') aus dem Öffnungswinkel (α) der Drosselklappe (110), der Drehzahl (n) der Brennkraftmaschine (100) und einer gegebenenfalls durch einen Bypass-Kanal (114) zur Drosselklappe (110) und/oder durch zusätzliche Bypass-Ventile strömenden Luftmenge (qLL) ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das aktuelle Hauptlastsignal (tL) aus dem gemessenen Saugrohrdruck (p) und der Drehzahl (n), aus der mit einem Luftmassenmesser (106) erfaßten Luftmasse (m) oder durch Filterung des aktuellen Hilfslastsignals (tL') ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Bereitstellen eines Kennlinienfeldes (KF) für den Zündzeitpunkt (t<sub>z</sub>) in Abhängigkeit von dem Lastsignal (tL) und der Drehzahl (n) erfolgt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Vorhersagen des zukünftigen Lastsignals (tLPr) unter Berücksichtigung der Nockenwellenverstellung und/oder der Abgasrückführung erfolgt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß weitere Kennfelder, wie insbesondere das Stationäradaptionskennfeld der Klopffregelung oder ein oder mehrere lastabhängigen Kennfelder der Schließwinkelberechnung, bereitgestellt werden und ein Festlegen des jeweiligen Zündzeitpunktes aus dem betreffenden Kennlinienfeld unter Zugrundelegung des vorhergesagten zukünftigen Lastsignals erfolgt.

8. Vorrichtung zum Festlegen des Zündzeitpunktes einer rennkraftmaschine mit:  
einer Speichereinrichtung zum Bereitstellen eines Kennlinienfeldes (KF) für den Zündzeitpunkt (t<sub>z</sub>) in Abhängigkeit von mindestens einem die relative Luftfüllung eines Zylinders der Brennkraftmaschine anzeigenden Lastsignal (tL);

einer Erfassungseinrichtung zum Erfassen des Lastsignals (tL) zu einem vor dem festzulegenden Zündzeitpunkt (t<sub>z</sub>) liegenden Zeitpunkt (t<sub>0</sub>);  
einer Vorhersageeinrichtung zum Vorhersagen eines zukünftigen Lastsignals (tLPr) zu einem späteren, vor dem festzulegenden Zündzeitpunkt (t<sub>z</sub>) liegenden Zeitpunkt (t<sub>0</sub> + Δ); und einer Festlegungseinrichtung zum Festlegen des Zündzeitpunktes (t<sub>z</sub>) aus dem Kennlinienfeld (KF) unter Zugrundelegung des vorhergesagten zukünftigen Lastsignals (tLPr).

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

**FIG 1**

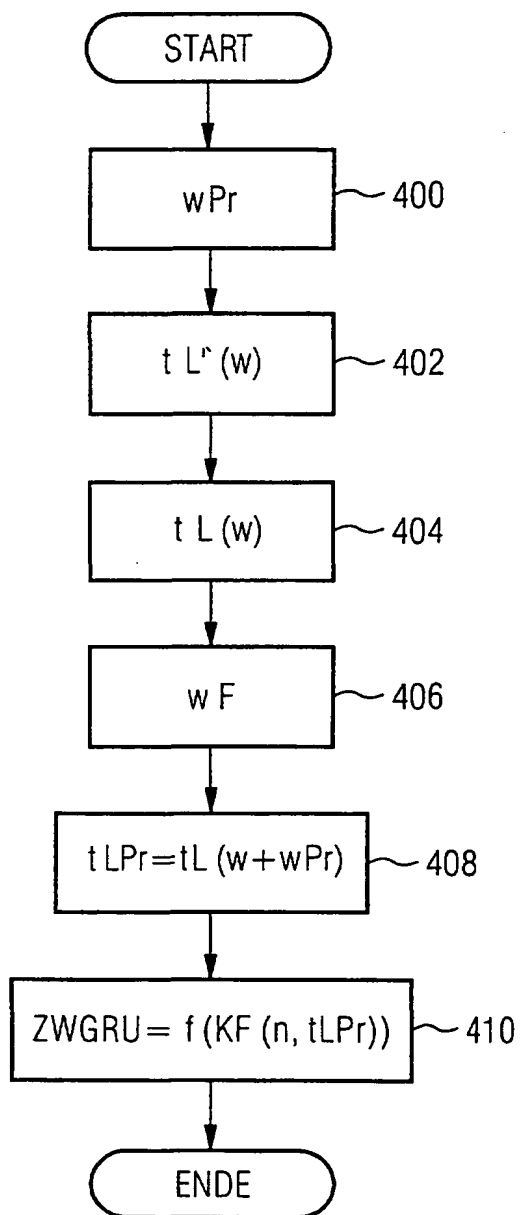


FIG 2

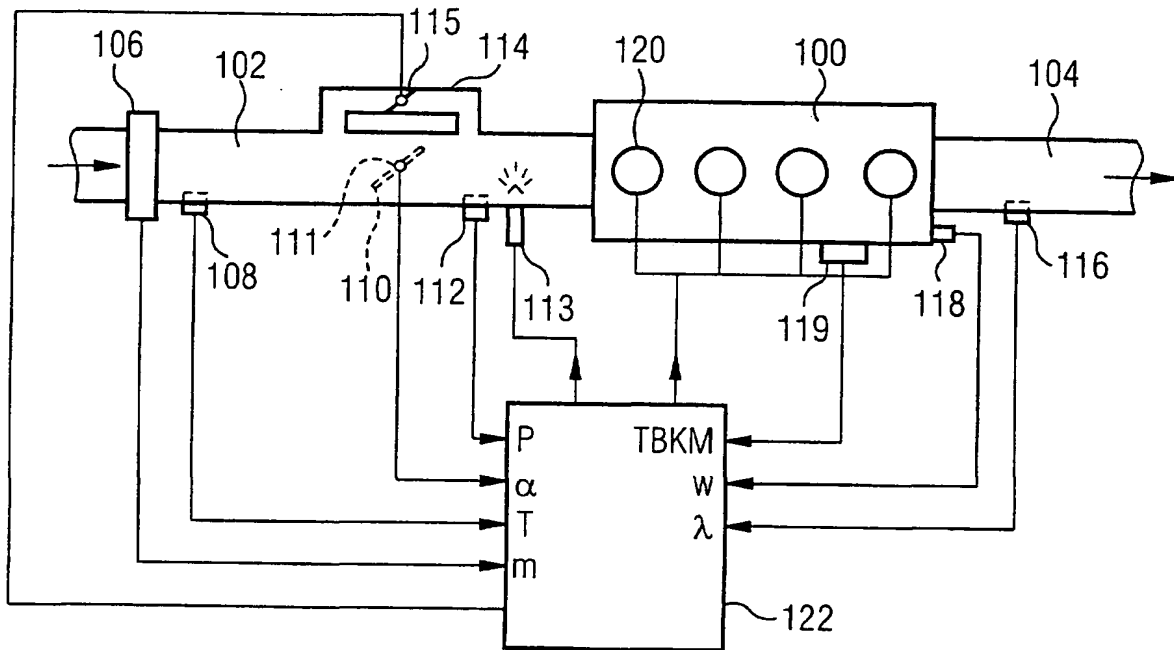
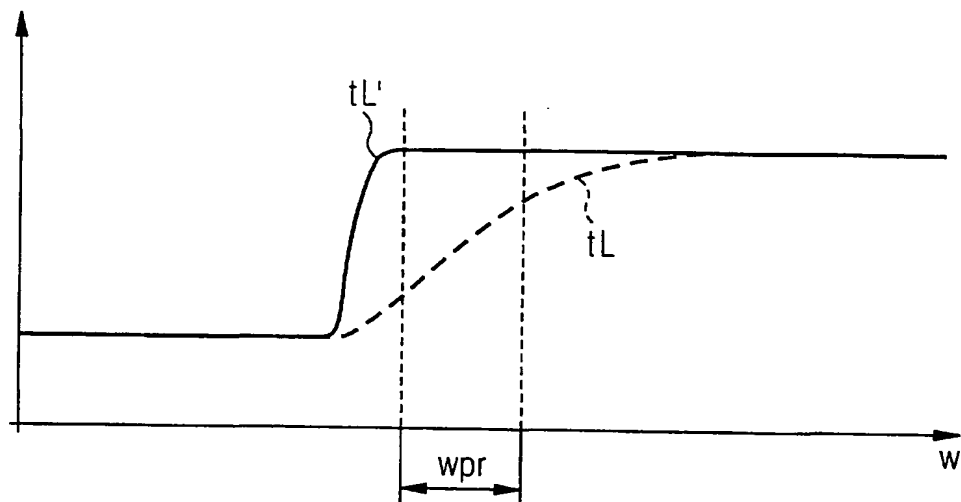


FIG 4





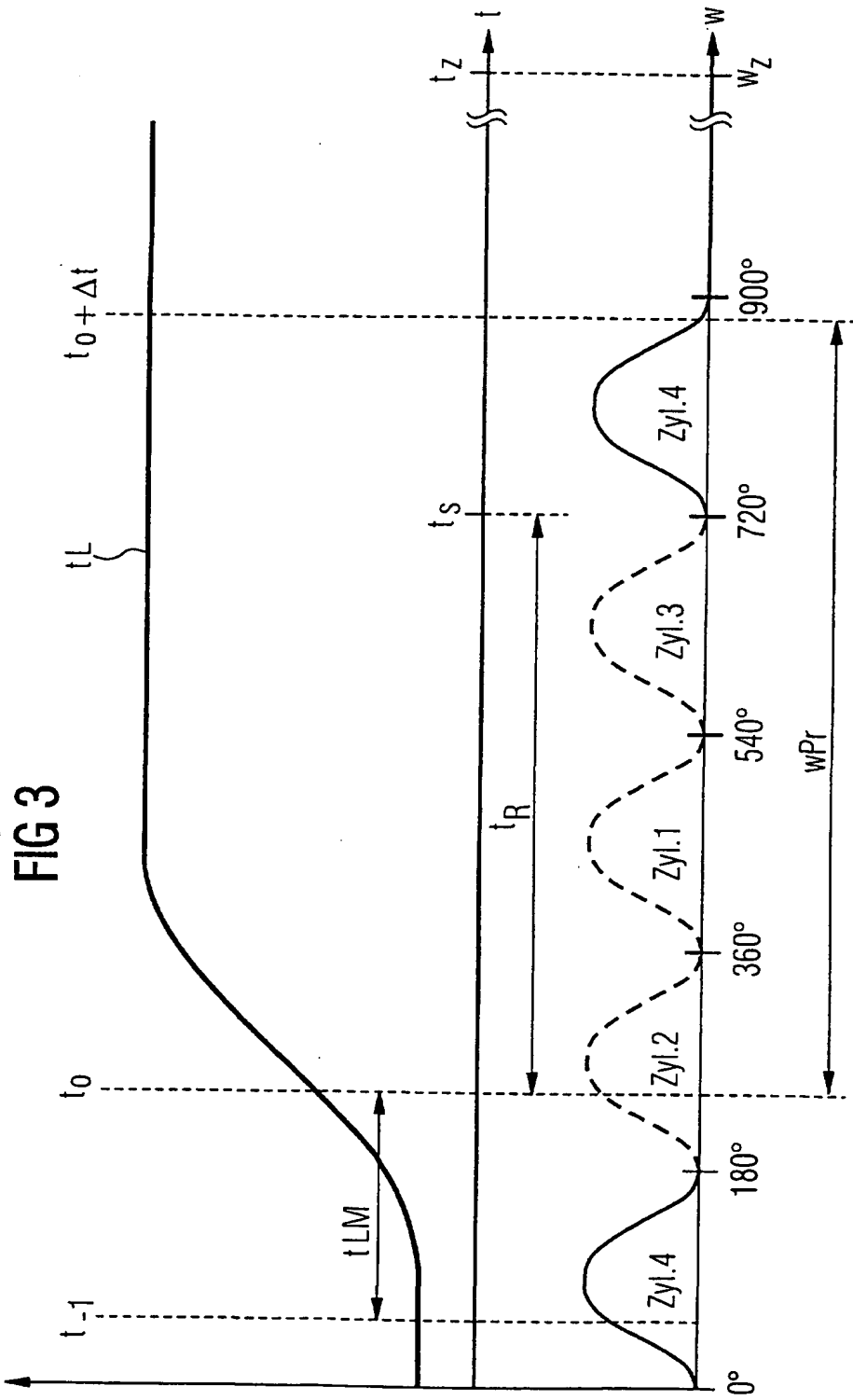


FIG 5

